Детектори във физиката на елементарните частици

П.Яйджиев, ИЯИЯЕ - БАН

Програма на LHC
Преминаване на частици през веществото
Детектори: ATLAS и CMS
Елементи на детектора CMS: Трекови детектори, Калориметри
Мюонни детектори

Програма на LHC

Да се намерят нови частици/ нови симетрии/ нови сили?
Произход на масата – Higgs бозон;
Суперсиметрични частици – частици на тъмната материя?
Допълнителни размерности пространство-време: гравитон?
Изучаване на CP нарушението;
Изучаване на кварк-глюонна плазма;
Неочаквани резултати.
Да се излезе извън SM

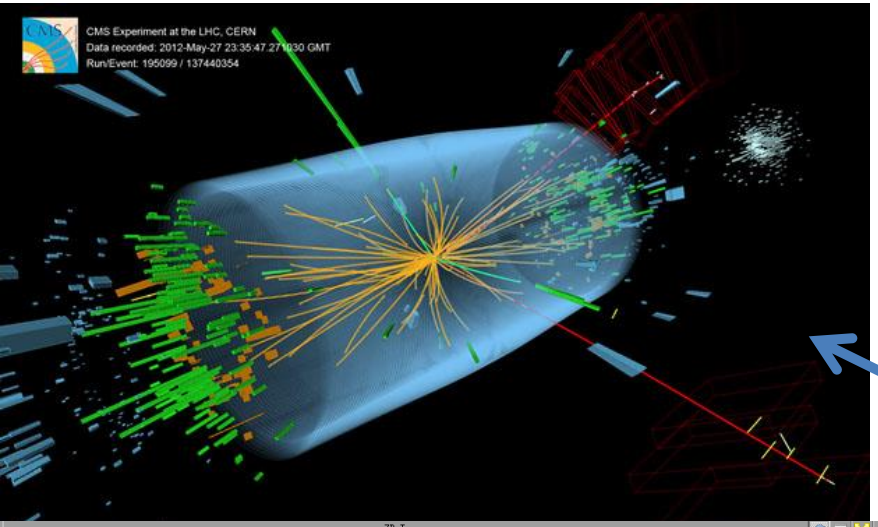
Инструментариум

Ускорители - мощни машини, които ускоряват частици до екстремно високи енергии и ги сблъскват с други частици;
Детектори - гигантски инструменти, които записват информацията от родените в точката на сблъскване нови частици;
Компютърни системи – да събират, съхраняват, анализират и разпространяват огромното количество данни, произведени от тези детектори;
Научни колективи – учени и инженери, които да построят, поддържат и използват тези комплексни машини.

LHC

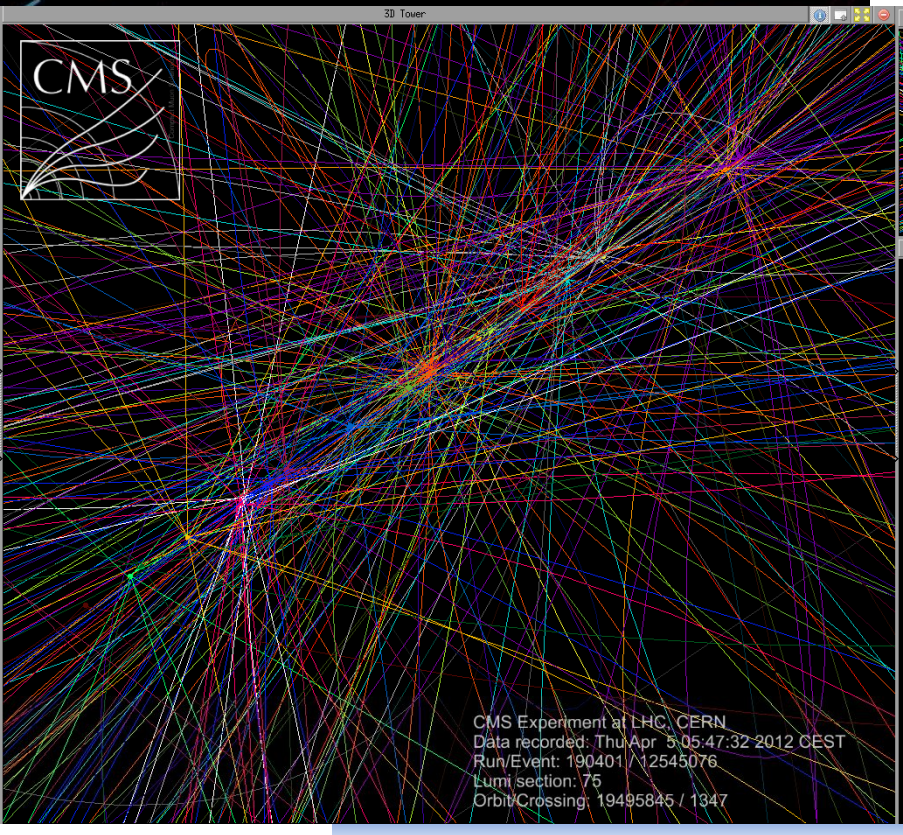
pp взаимодействие при 7 + 7 TeV, 2 насрещни снопа
k = 2808 пакета от протони в сноп
N = 1011 протона в пакет
f = пресичане на сноповете = 40 MHz

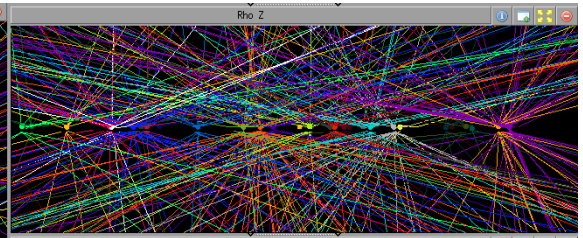
LHC – CMS – запис на 1 събитие

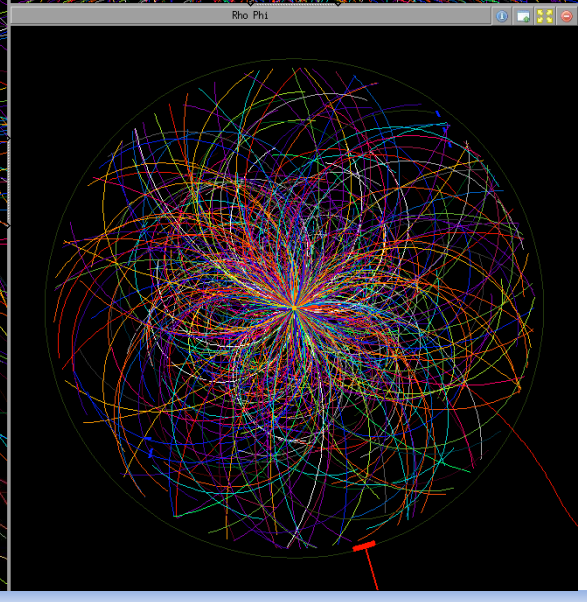


CMS има около 100 милиона канала и прави „ цифрови“ снимки 40 милиона пъти в секунда!
/цифрова камера ~ 20 милиона пиксела/

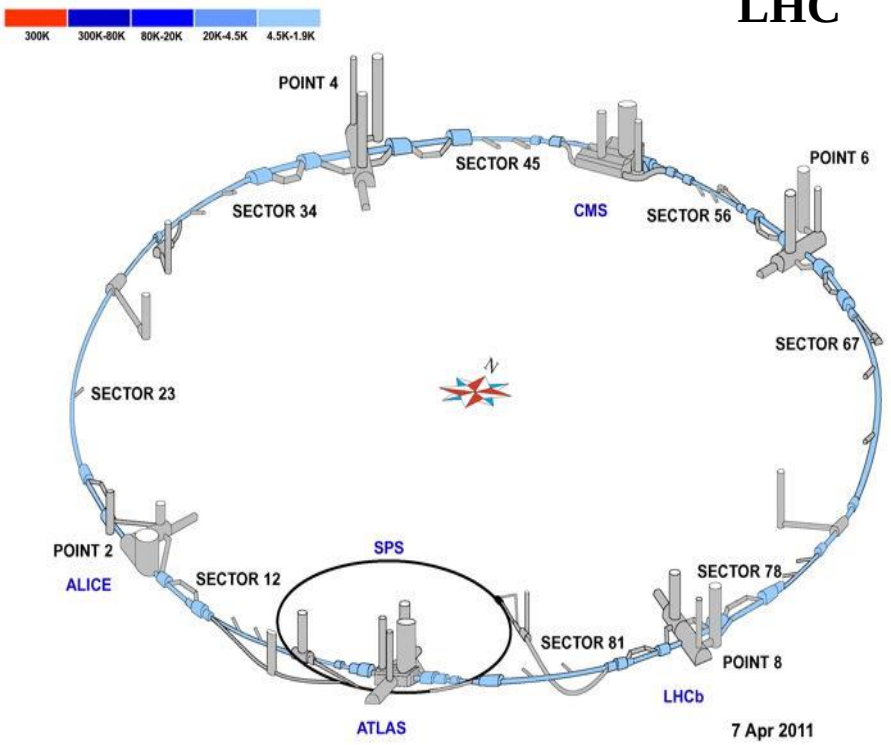
1 събитие







С повишаване на светимостта броят на събития по време на един интервал на сблъскване на протоните /25 наносекунди/ расте до 50



Технологично предизвикателство

1. ~ 1 милиард протон-протонни взаимодействия за 1 s

Пакети, съдържащи 1011 протона, се пресичат 40 милиона пъти в центъра на всеки експеримент

2. Огромни потоци от вторични частици

Хиляди частици пресичат детектора всеки 25 ns

Голям брой канали ~ 100 милиона

Голям брой информация (1 MB / 25 ns = 40 TB за 1 s)

3. Висока радиация от n и γ

Изисквания към детекторите

Многоканален детектор

Да покрива целия телесен ъгъл 4π

Херметична калориметрична система

Да регистрира направлението и идентифицира заряда и масата на всички частици

Да измери техния импулс или енергия

Мощна вътрешна трекова система

Висока разделителна способност на електромагнитния калориметър

Много добра мюонна идентификация и измерване на импулса

Високо радиационно устойчиви материали

Преминаване на частици през вещество

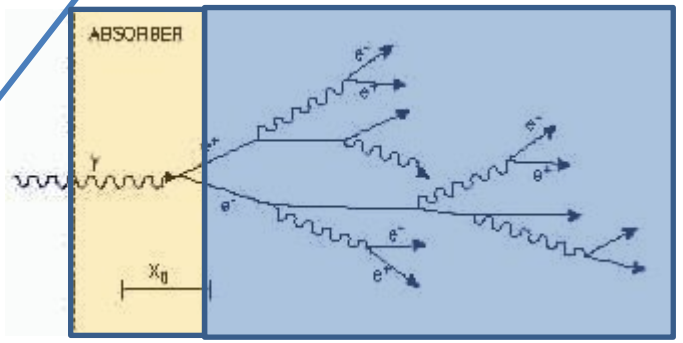
Понастоящем за регистрация на частици се използват следните процеси при тяхното взаимодействие с веществото на детектора:

1. Електромагнитно взаимодействие (всички заредени + γ)
2. Силно взаимодействие (адрони, включително и неутралните – n)
3. Слабо взаимодействие (нейтрино - ν)

Основни процеси при преминаване на ел. Частици през веществото на детекторите

Електромагнитна лавина

Чувствителен елемент



X0 - Радиационна дължина – средната дължина на проникване във веществото преди да се предизвика ЕМ лавина само от електрони, позитрони и фотони

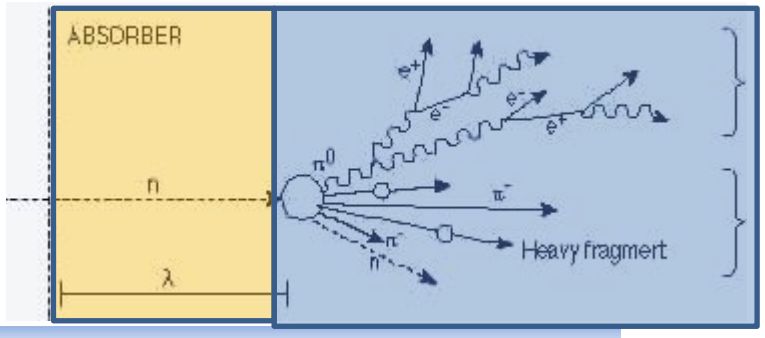
1. Масата (е) конвертира в енергия (γ)
2. Раждат се e+e- двойки

Адронна лавина

λ - Интеракционна дължина – средната дължина на проникване във веществото преди да се предизвика адронна лавина

Раждат се различни частици - p, n,П,ν,λ,K,Θ

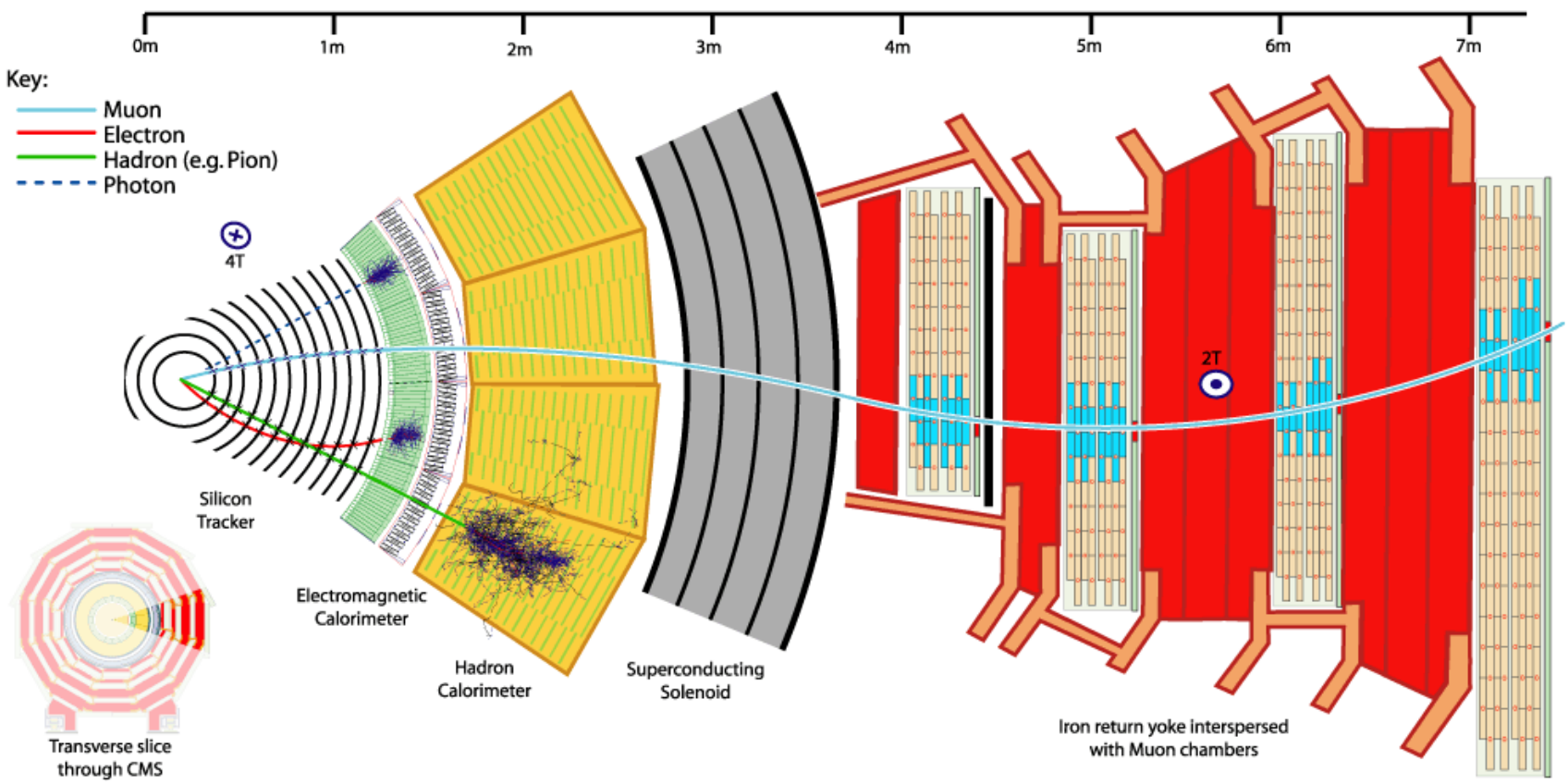
Чувствителен елемент



ЕМ каскад

Адронен каскад

Елементи на детектор за елементарни частици на Compact Muon Solenoid - CMS LHC



Елементи на детектора CMS :

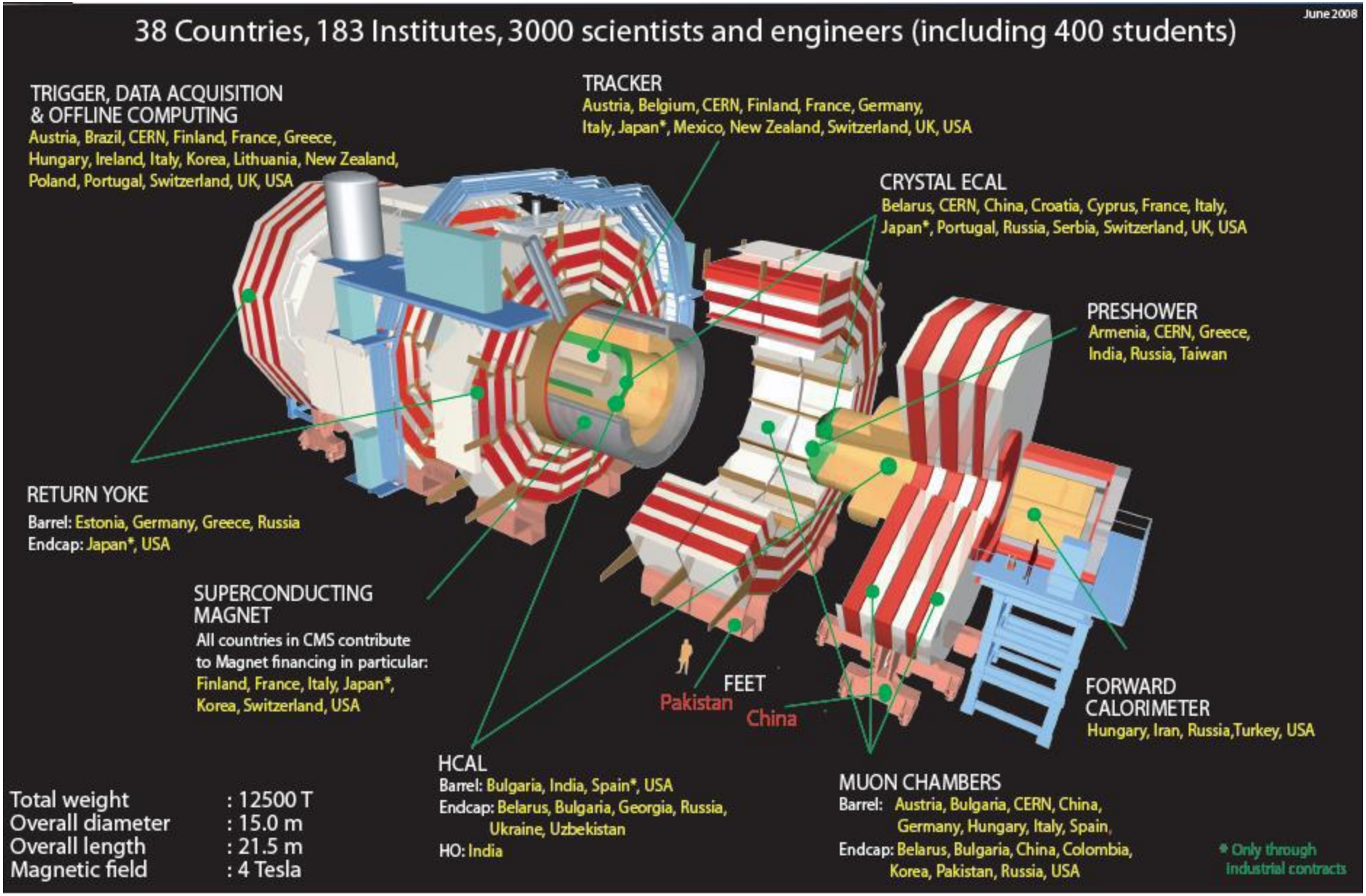
1.Треков детектор /траектория на заредените частици/

2.Електромагнитен калориметър /ЕМ компонента на енергията на заредени частици и фотони/

3. Адронен калориметър /енергия на заредени и неутрални частици/

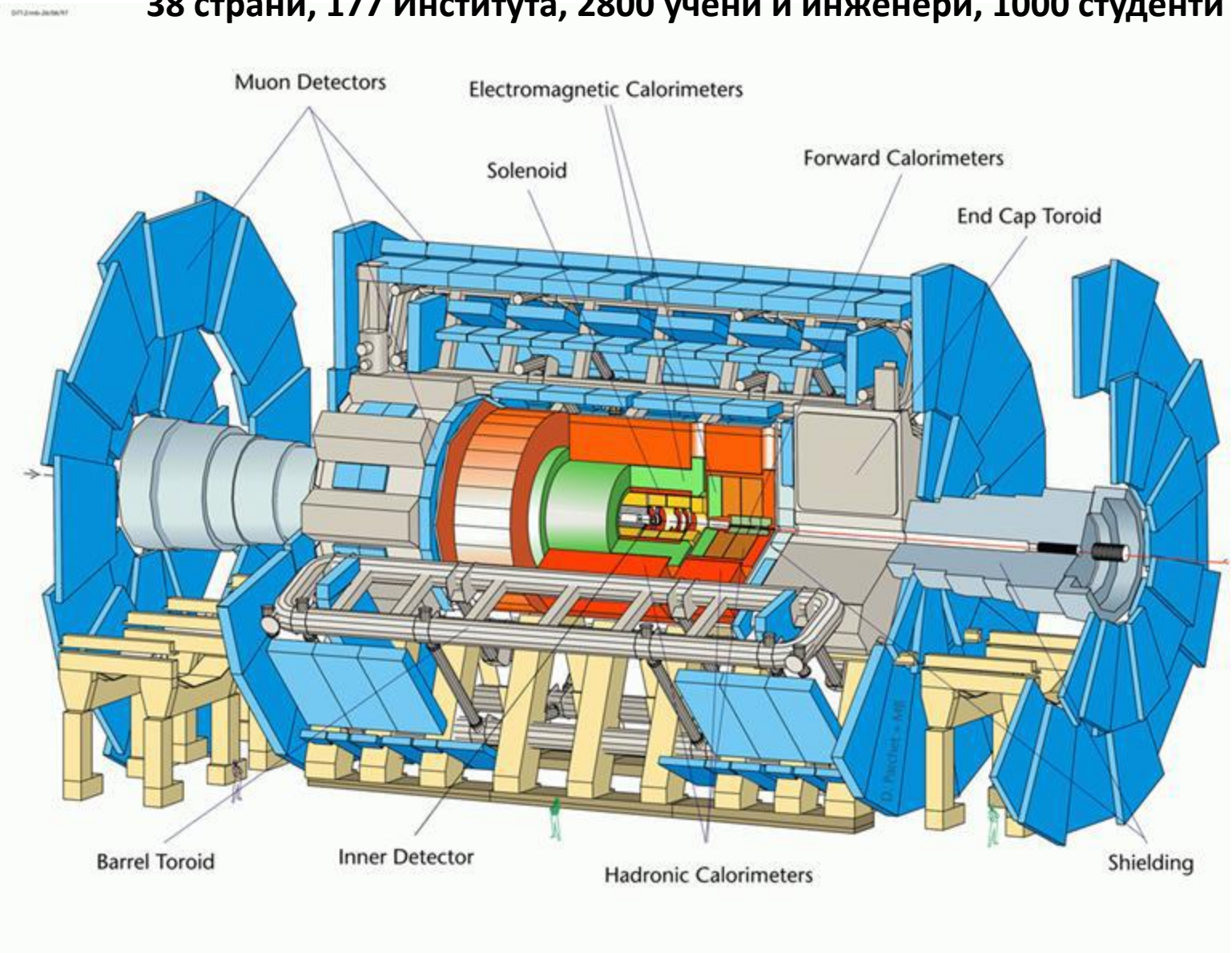
4. Мюонен детектор / траектория и време на прелитане на мюони -тригер/.

CMS

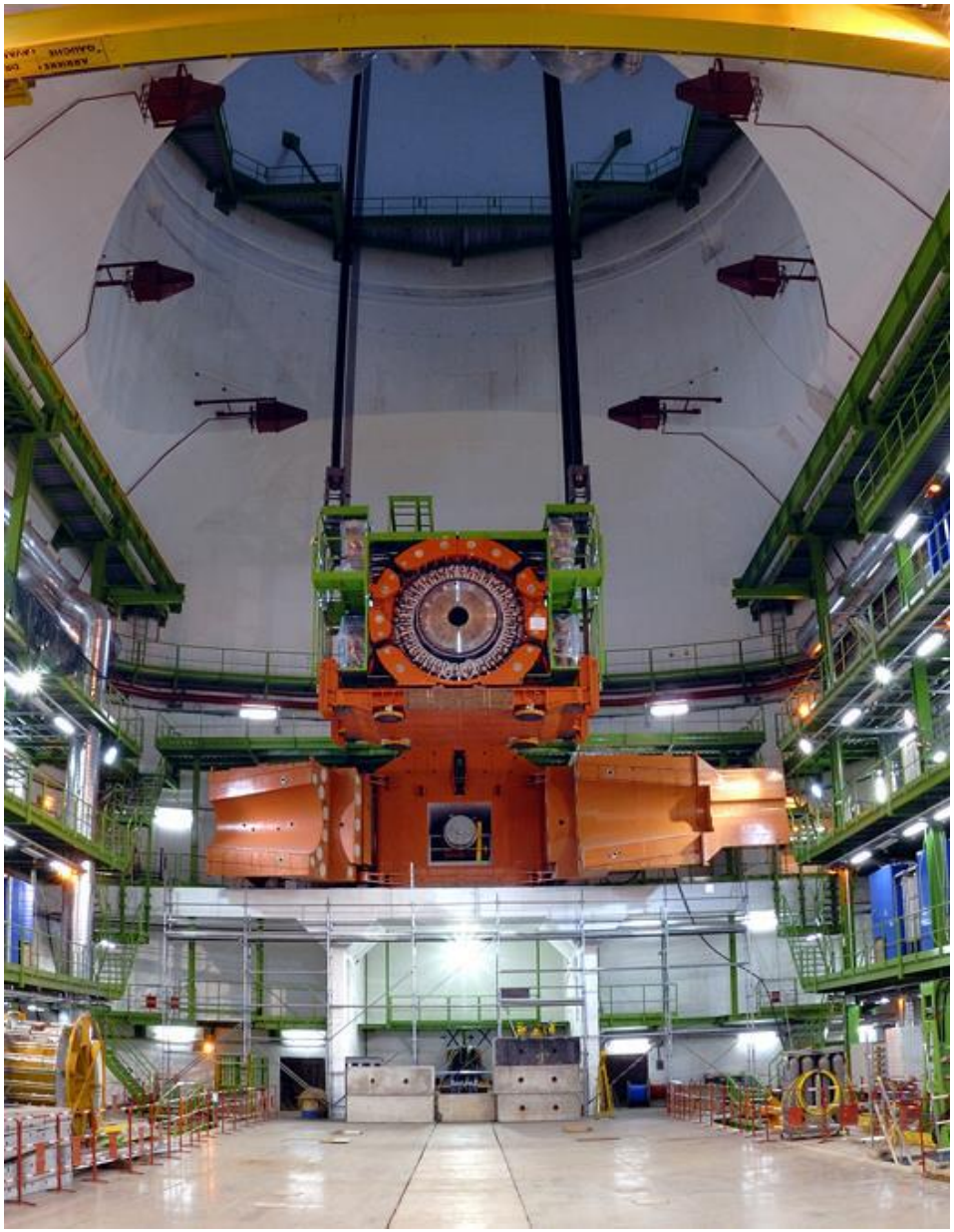

June 2008
38 Countries, 183 Institutes, 3000 scientists and engineers (including 400 students)
TRIGGER, DATA ACQUISITION & OFFLINE COMPUTING
Austria, Brazil, CERN, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Korea, Lithuania, New Zealand, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA
TRACKER
Austria, Belgium, CERN, Finland, France, Germany, Italy, Japan*, Mexico, New Zealand, Switzerland, UK, USA
CRYSTAL ECAL
Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Italy, Japan*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA
PRESHOWER
Armenia, CERN, Greece, India, Russia, Taiwan
RETURN YOKE
Barrel: Estonia, Germany, Greece, Russia
Endcap: Japan*, USA
SUPERCONDUCTING MAGNET
All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular: Finland, France, Italy, Japan*, Korea, Switzerland, USA
FEET
Pakistan
China
FORWARD CALORIMETER
Hungary, Iran, Russia,Turkey, USA
HCAL
Barrel: Bulgaria, India, Spain*, USA
Endcap: Belarus, Bulgaria, Georgia, Russia, Ukraine, Uzbekistan
HO: India
MUON CHAMBERS
Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China, Germany, Hungary, Italy, Spain,
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Colombia, Korea, Pakistan, Russia, USA
* Only through Industrial contracts
Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

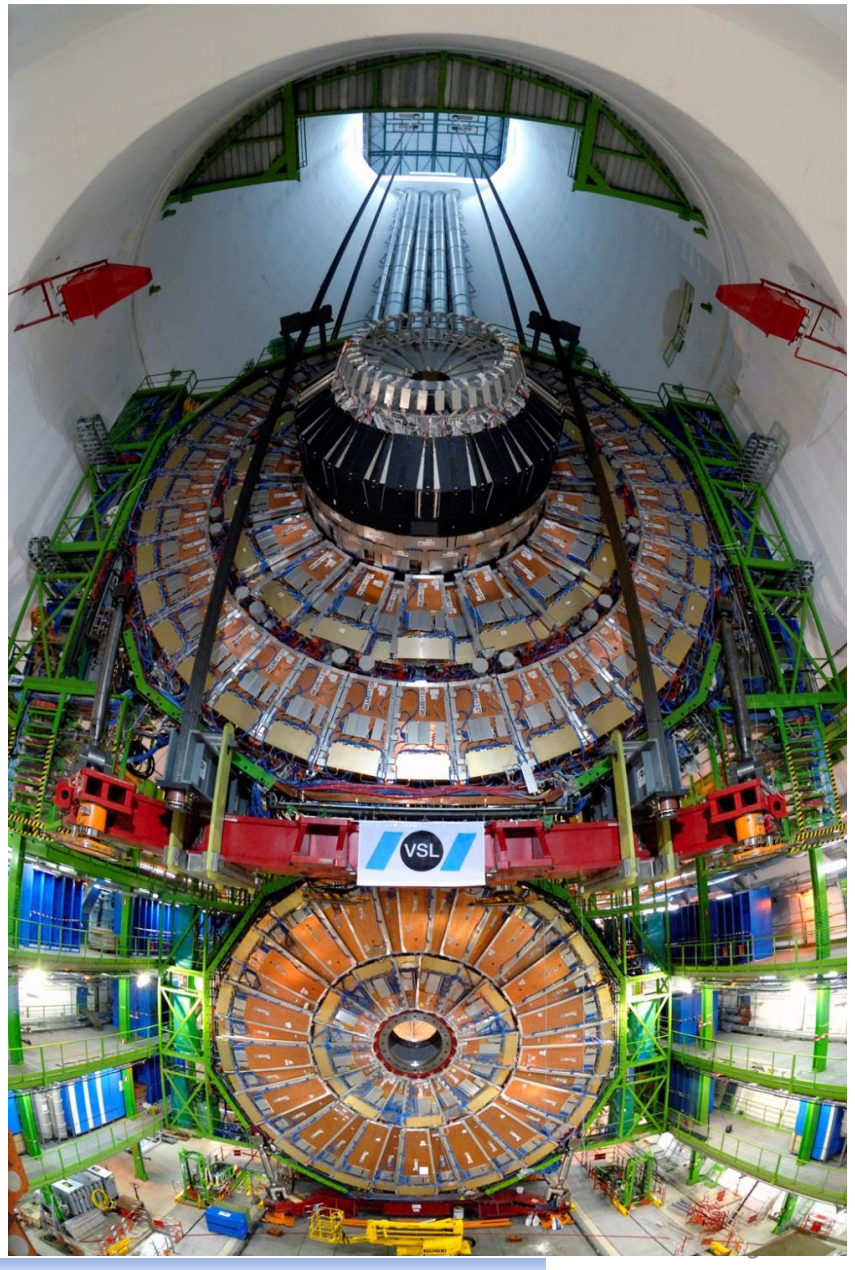
ATLAS

38 страни, 177 Института, 2800 учени и инженери, 1000 студенти



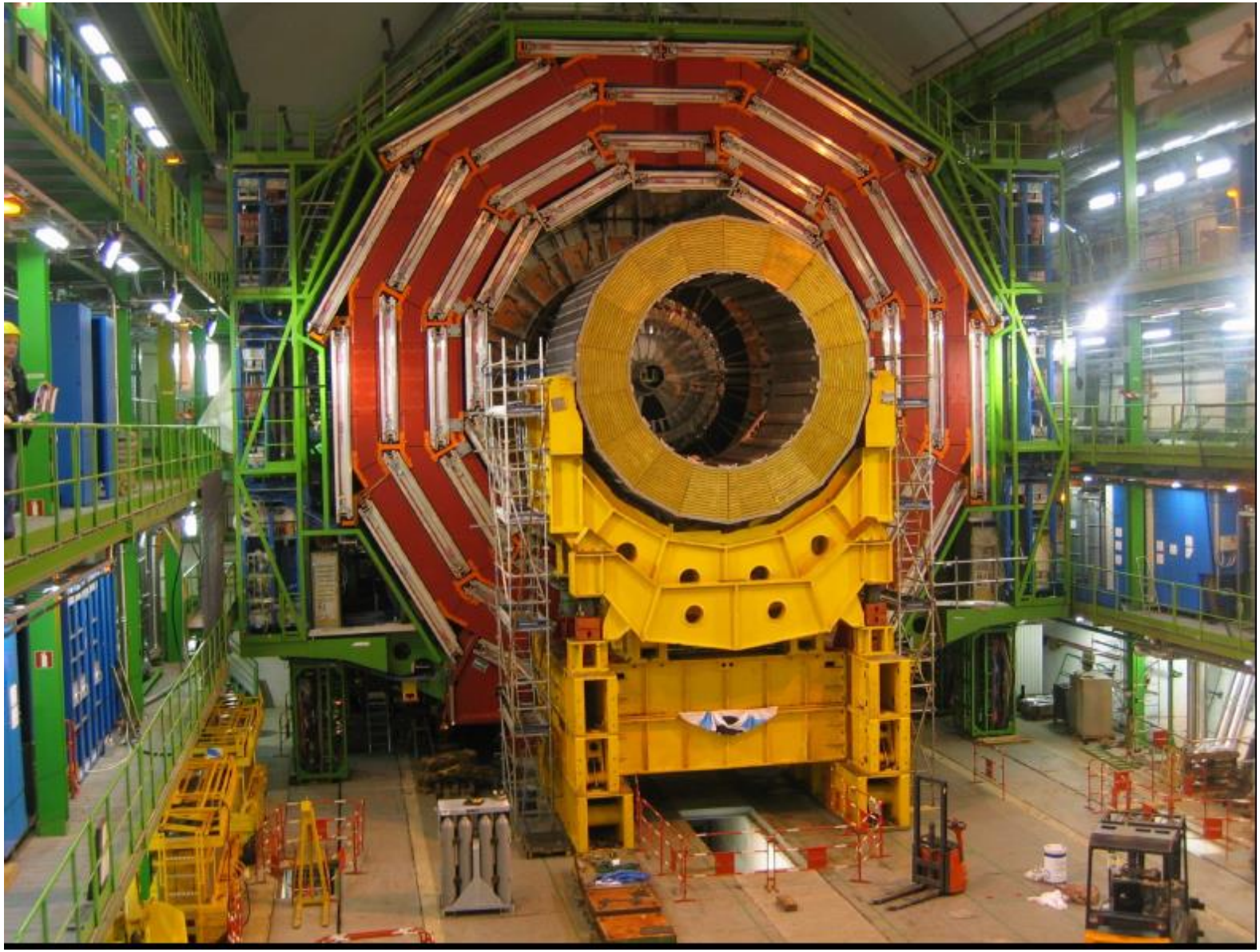
Инсталиране на детектора CMS



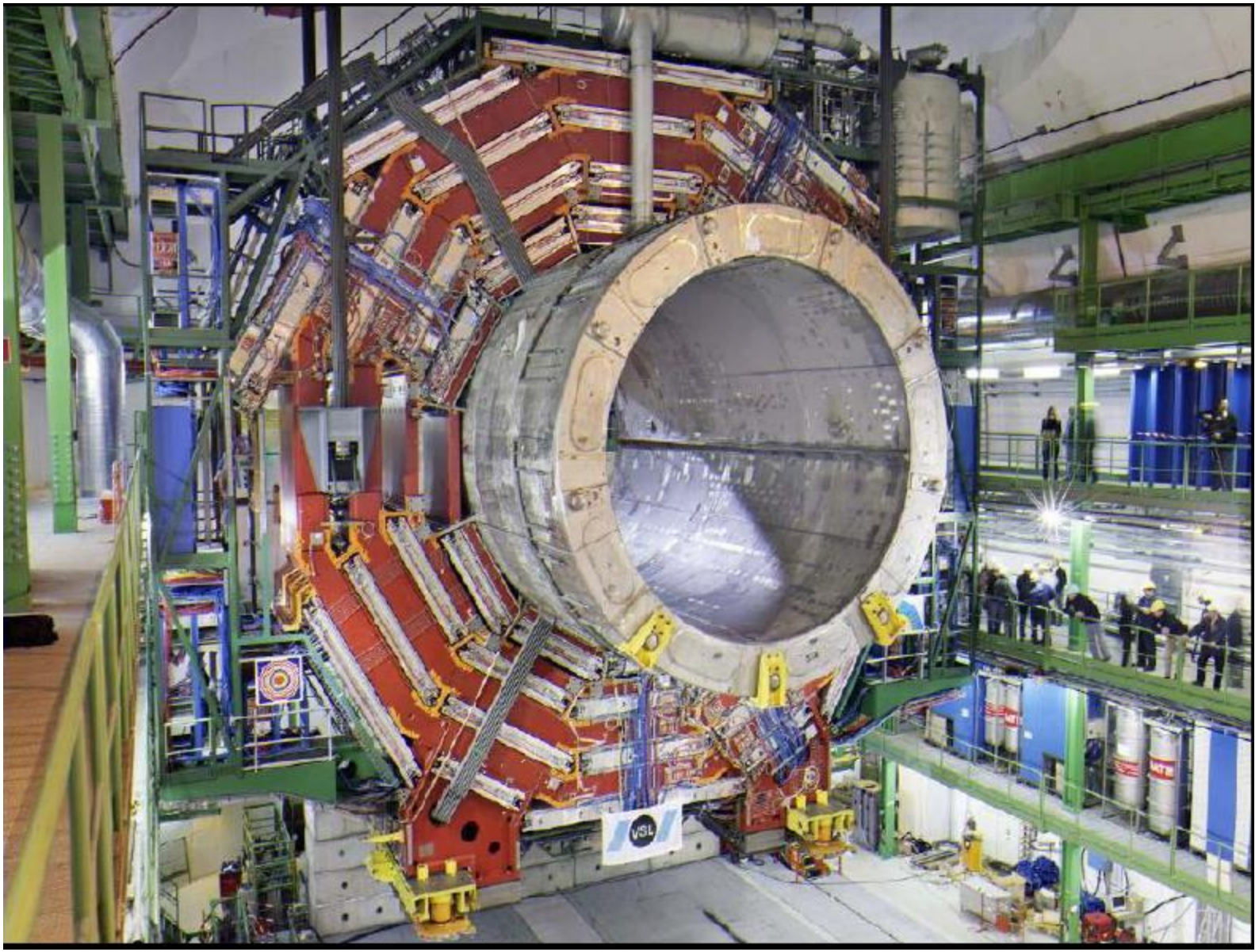
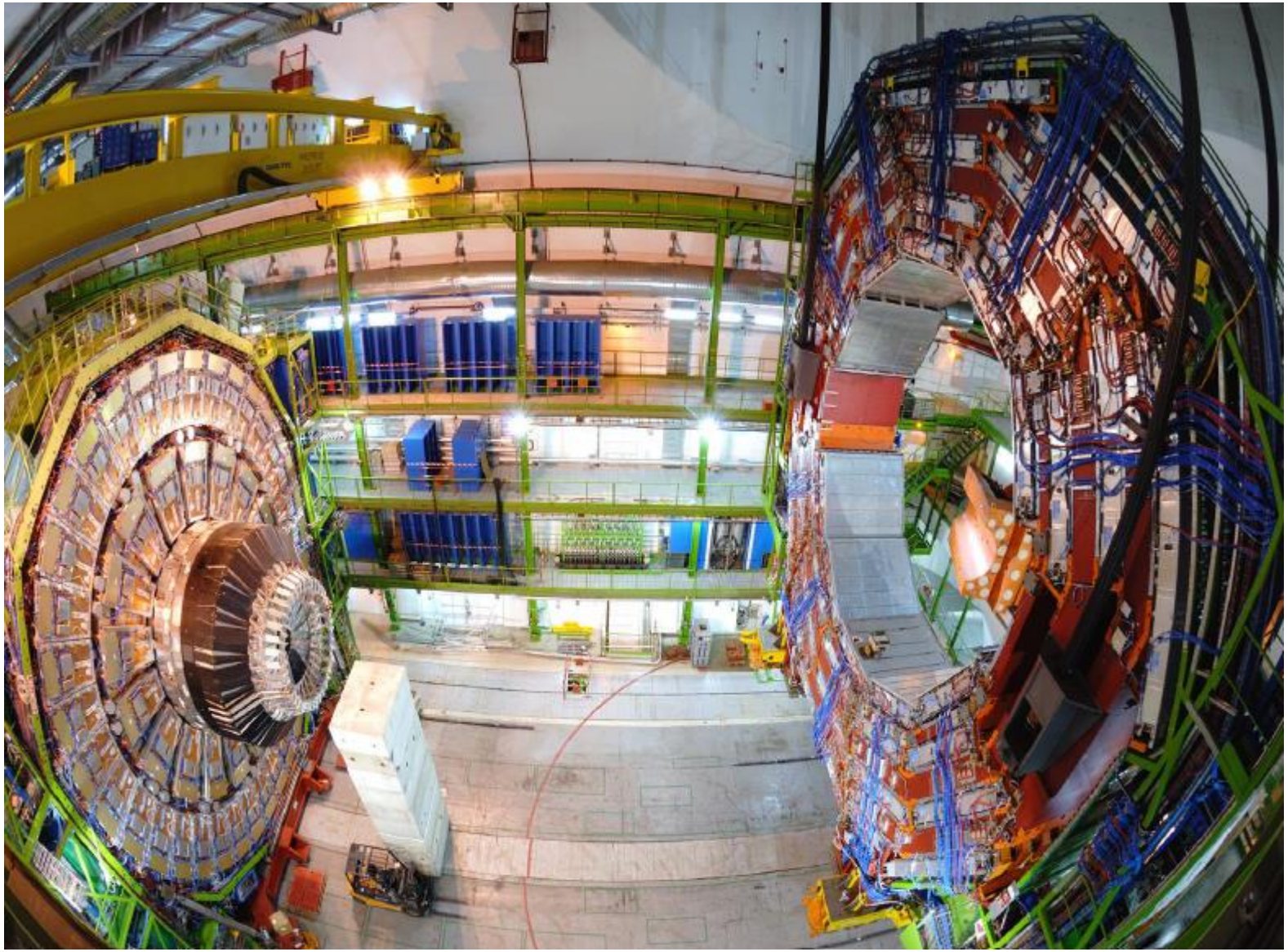


Инсталиране на детектора CMS

Инсталиране на детектора CMS



Инсталиране на детектора CMS



Инсталиране на детектора CMS